载人航天模拟发射系统软件设计与实现

张　光 / 北京市丰台区东高地青少年科技馆

◉ 研究背景

本项目来源于科技馆拟建的“载人航天模拟发射系统”。科技馆曾经有一套“航天模拟发射系统”，但其功能和稳定性都不能满足现在的演示需求，需要新建一套更加完善的演示系统。该项目应用了许多计算机应用技术，包括计算机及网络硬件配置规划，发射控制台、模拟返回舱设计，多媒体资料的采集、编辑与合成，系统演示脚本编辑与策划，系统网络方案设计和软件设计等。其中，软件设计是关键环节。

图1是该模拟系统组成示意图，它是选择有代表性的典型系统构成的，与实际的测控网络略有差别。

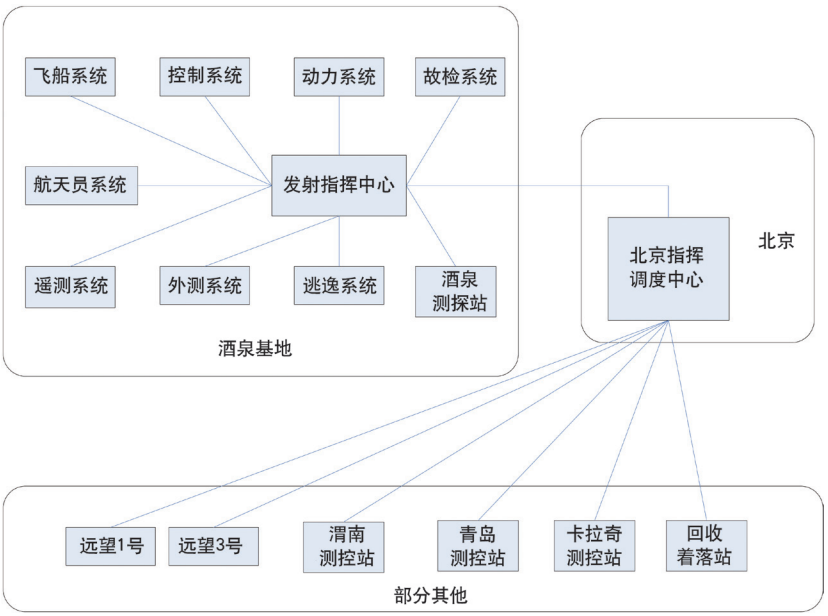


图 1　飞船发射和飞控系统典型组成

◉ 演示系统软件总体设计

新建的演示系统为了避免出现原有系统存在的网络联络等问题，必须从早期设计阶段进行合理规划，在软件总体框架设计上进行优化。下面重点分析演示系统基于客户机/服务器（Client/Server，C/S体系）架构技术的具体应用，这是演示系统软件总体设计中的关键技术和优化改进点。

➲ 演示系统功能综述

能够模拟火箭主要组成系统，能实现各分系统在发射流程中的互动操作。

能够模拟载人飞船的自动控制系统、电源系统、遥测遥控系统，及其在发射准备和空中飞行、返回着陆进程中的互动操作，特别是模拟航天员在飞船返回舱内的活动。

能够模拟火箭、飞船在空中飞行阶段，完成5次分离和4次发动机关机的过程；能够模拟飞船入轨、在轨、变轨、调姿、返回、着陆的全过程。

系统能够模拟遥测遥控地面站在飞行指挥中心指挥下与飞船的信息互动。

模拟发射基地操作岗位人员在发射过程中的指挥操作、模拟实现操作军事化和指挥口令化。

声像系统可以按发射程序进行互动操作。

➲ 模拟发射系统配置构成

载人航天模拟发射系统的配置构成见图2。整个系统是一个局域网结构，按照C/S体系结构划分。

➲ 软件总体方案

◈ 软件构成

载人航天模拟发射系统软件采用2层C/S体系，软件由客户应用程序和服务器程序2部分组成。客户机和服务器协同完成应用程序的

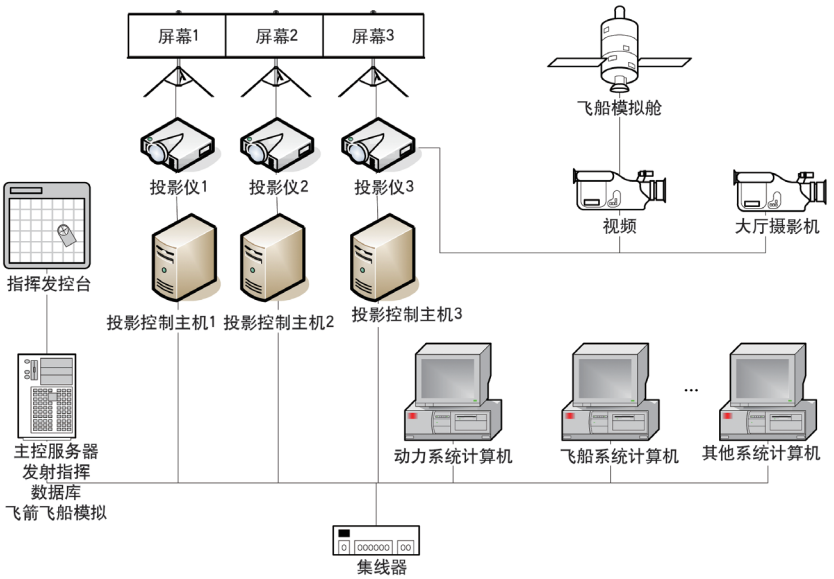


图 2　模拟系统设备配置

数据计算和处理任务，客户机提供与应用程序有关的展示、计算、联网、访问数据库及各类接口服务，服务器主要完成网络系统管理、数据库管理和各类接口服务。

◈ 服务器软件功能设计

服务器软件是整个软件方案的核心，它是负责完成整个演示过程的指挥员，在演示过程中通过对步骤的控制和数据资源的调配，与客户机软件响应配合。它的主要功能包括：提取数据库中发射流程的具体信息；按照发射流程安排，向各模拟分系统发送界面、文字、视频、音频等数据；接收各模拟分系统的控制命令，执行相应的动作；时间校准、计时；完成系统调试中的动态监视。

服务器还负责系统数据库的管理和维护，此功能通过一个单独的发射流程管理软件完成。

◈ 客户端软件功能设计

各分系统计算机组成客户机群。根据功能需求和接口不同，各分系统计算机分为 2 类：分系统模拟软件和发控台 I/O 控制软件。

客户机软件界面需要设计简洁，考虑到演示参与者一般是中小学生，所以界面操作比较少，且简单易行，一般通过鼠标就能进行。

➲ 演示系统脚本简介

载人航天模拟发射系统是一个多媒体演示系统，最先提出的资料是该系统的演示脚本。演示脚本的内容尽量与飞船发射的真实过程相同，但是其模仿的数据参数基本是虚构的，与真实的数据参数不相关。

演示脚本具体说明了火箭飞船在发射前准备、在轨运行和飞船返回 3 个阶段的工作内容。演示过程主要按照实际发射过程的时间顺序安排，脚本用来说明各计算机在各阶段扮演的角色、显示的内容、操作动作、发射控制台的状态显示等。软件设计者通过脚本能认识系统概貌，了解系统的功能、用途和基本表现形式。在本演示系统的脚本分析和设计过程中充分应用了面向对象技术。

◉ 演示系统软件的测试与分析

本系统软件经历了 3 个月测试调试，包括系统测试、服务器软件测试、客户端软件测试、媒体资源与演示系统的匹配测试和系统的整体评测。评测结果表明，本系统的研制成果最终达到了预定指标，满足了用户需求。通过多项关键技术应用，确保了系统的稳定性、易用性及可扩展性。该演示系统能够成功进行完整的演示过程，交互性也比较好，达到了最初的设计目标。

◉ 结论

本项目结合几项具体的软件工程技术，深入浅出讲述了它们在载人航天模拟发射系统软件研制过程中的应用。这些技术使新建演示系统的性能稳定、可靠，满足了系统的应用需求，技术水平较原有系统有了质的改变。目前，该系统软件已应用于载人航天模拟发射系统，满足了该系统的功能需求和使用要求。该系统作为东高地青少年科技馆航天科普特色教育活动已经投入使用，广泛开展学生体验，具有很好的社会效益。

该项目获得第 27 届全国青少年科技创新大赛科技辅导员创新成果科教制作类一等奖。

专家评语

该项目的主要内容是，利用硬件和软件模拟演示我国神舟号飞船发射和回收的全部过程。该项目原理科学，构思巧妙，概念清晰，设计合理，作品教育性强，项目选题新颖，具有实质性创新，对传统方法有突破，作品效果显著，制作规范，具有示范推广价值。■